

# 降雨在杉木和马尾松 人工林养分循环中的作用\*

马雪华

(中国林业科学研究院林业研究所)

## 摘 要

本文对杉木和马尾松林内、外雨树干茎流及迳流所含各种养分物质质量进行了测定,其结果表明:林内雨的各种养分物质浓度显著地高于林外雨。林外雨的各养分物质含量是 $N > Ca > K > Mg > P$ ,杉木林内雨的各种养分物质质量是 $K > N > Ca > Mg > P$ 。皆伐迹地迳流中养分流失量显著地高于林地的流失量。雨水养分含量与降雨量存在着半对数函数关系。由降雨输入的养分量显著地大于迳流输出的养分量。林内雨和树干茎流淋溶的养分量占还原养分总量的48—53%。林内雨和树干淋溶的K、Mg、N的养分量超过凋落物归还的养分量。

**关键词** 养分浓度; 养分量; 迳流; 树干茎流; 养分循环

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)和马尾松(*Pinus massoniana*)不但是我国亚热带分布面积广、栽培历史悠久的重要用材林种,也是我国特有的优良速生针叶树种。至今,在杉木造林技术等方面作了不少研究,并积累了丰富的生产经验。然而,对于杉木和马尾松人工林的生态功能尚待进一步研究。本项研究试图通过对各种雨水及其养分含量的测定,探讨雨水在杉木和马尾松人工林养分循环中的作用。

## 一、自然概况及研究方法

### (一) 自然概况

试验区位于江西省分宜县大冈山林业实验局山下林场。地处北纬 $27^{\circ}30' - 50'$ ,东经 $114^{\circ}30'$ ,丘陵山地,海拔85—100m。属中亚热带湿润气候,年平均气温 $17.9^{\circ}C$ ,气温变化剧烈,1月平均气温 $5^{\circ}C$ ,7月为 $29^{\circ}C$ 。降雨集中在4—6月,9月至次年1月雨量最少,年平均降雨量为1100—1700mm。上半年各月的雨量均大于蒸发量,下半年各月的雨量均小于同月的蒸发量。

本文于1987年10月收到。

\* 江西省大冈山林业实验局胡星弼、邱新华同志曾参加此项试验的林木和植被调查及水样提取工作,中南林学院生态室承担水质的化学分析工作。

由于人为活动频繁,该区的原生植被大部分遭到破坏。目前,主要是人工栽植的杉木、马尾松和毛竹(*Phyllostachys pubescens*)林。土壤属于长江中下游低山丘陵黄壤类型,成土母质主要有砂岩、砂质页岩、紫色岩、砂砾岩。

## (二) 研究方法

选择设置了两个杉木林试验小集水区和两个坡面迳流场。在林外裸地装有一个自记雨量计,测定林外雨量。在集水区内设有V形溢流堰,测定迳流量。划定 $10 \times 10 \text{m}^2$ 林冠截留场,用网格法布设雨量筒10—15个,测定林内雨量。选择标准树5—6株,将剖开的聚乙烯管围绕在树干四周,收集树干茎流量。同时,每月取水样一次,对雨水和迳流水所含养分物质K、Na、Ca、Mg、P、N及pH值进行了测定。此外,在杉木和马尾松林的标地上,设有 $1 \times 1 \text{m}^2$ 的凋落物收集箱各5—6个,每隔1—2月收集一次,并进行养分含量测定。

两个杉木林小集水区面积分别为1.63ha、0.63ha,集水沟南北走向,平均坡度为15—20°,集水区内栽有18年生人工杉木林,郁闭度0.7,平均树高10.60—13.45m,平均胸径11.4—14.8cm,每公顷达2100—2300株左右。林下植被覆盖度为45%,主要有乌毛蕨(*Blechnum orientale*)、芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、榧木(*Loropetalum chinense*)、红淡(*Adiantum millettii*)等。

皆伐迹地迳流场面积为 $10 \times 20 \text{m}^2$ ,坡向西北,坡度为 $43^\circ 30'$ 。1981年采伐,火烧后全垦整地。植被盖度100%,平均高度1.8—2.0m,主要有大青(*Clerodendrum cyrtophyllum*)、柃木(*Eurya thunb*)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、蕨类(*Pteridium scop*)和苦竹(*Pleioblastus amarus*)等。

马尾松林迳流场面积为 $200 \text{m}^2$ ,坡向北偏东 $17^\circ$ ,坡度 $12^\circ$ ,栽有18年生马尾松人工纯林,每公顷达1300株,平均树高12.5m,平均胸径13.5cm,株下植被盖度30%,主要有芒萁、木荷(*Schima superba*)和白茅(*Imperata cylindrica*)等。

## 二、研究结果及分析

大气降水含有各种化学成分:Na、K、Ca、Mg、P、N等。这些矿质元素是植物所必需的营养物质,它作为森林生态系统的养分输入,参加该系统的养分循环。

### (一) 雨水所含养分的平均浓度及其变化

伴随着降雨在森林各层次所进行的淋溶冲洗,雨水中所挟带的各种养分量也产生了显著的变化。由于森林表面积较大,比裸地能吸收较多浮游状态的养分物质,所以雨水能淋溶、溶解附着于林冠及植物体表面的各种养分物质,使林内雨和树干茎流中各种养分物质浓度均有所增加,这对于林地养分的补给起了积极作用。从坡面流出的迳流水对枯枝落叶和土壤表面所含养分物质进行了溶脱,被溶脱养分的一部分由植物根系吸收,其余随溪流流出界外。据本项试验1985年4月至1987年4月测定,18年生杉木和马尾松林内雨各种养分的平均浓度,除N外均显著高于大气降雨中的平均浓度(表1)。

雨水中N含量较高,平均浓度高达5.964ppm,且变幅较大。由于N是较难溶脱的元素,当雨水通过林冠时,N溶脱量较少。同时由于林冠叶面的直接吸收和吸附的结果,使林内雨中N的浓度有明显的降低。

表 1 林内外雨、树干茎流及迳流养分物质的月平均浓度

项 目	pH	养 分 物 质 浓 度 (ppm)									
		K	Ca	Mg	P	N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Org-N	Na	COD
林 外 雨	6.240	0.683	0.935	0.141	0.023	5.964	0.110	4.627	1.227	1.852	6.914
林 内 雨		4.210	1.620	0.845	0.037	3.355	—				
树 干 茎 流		9.598	2.982	2.204	0.344	8.351	—				
迳 流		13.350	2.459	0.642	0.040	4.524	0.156	2.791	1.577	5.835	10.964
林 内 雨		1.459	1.126	0.247	0.022	4.992	—	—	—	—	—
树 干 茎 流		4.749	1.099	1.156	0.044	6.185	—				
地 表 迳 流	6.632	36.985	2.996	0.594	0.464	12.504	1.615	7.183	3.601	14.057	32.141
迳 流	7.100	72.268	3.265	2.082	0.324	10.327	5.188	2.551	2.235	25.005	50.064

大气中K的含量较低,降雨中K的平均浓度也较低,只有0.683ppm。K是最容易溶脱的元素,故经过杉木林冠淋溶作用,林内雨中K的平均浓度迅速增加到4.210ppm,约为林外的6倍。

Ca、Mg较稳定,不易迅速溶脱,在雨水中的浓度也较低,林内、外雨中的浓度差别不大,且季节变化不明显。

P是最难溶脱的元素,雨水中P的浓度很小,所以林内、外雨中P的浓度差别不大,年内变化很小。

林内雨中各种养分物质的浓度除了与降雨量的多少有关外,还与林木地上部分营养器官(叶、枝、干、皮、果等)所含各种养分物质质量及其可溶脱程度有关。杉木营养器官所含的养分物质中,以N最多,其次是K和Ca、Mg, P最少。对各种营养物质的溶脱程度来说, K是最容易溶脱的元素,其次是Ca、硝态氮和铵态氮,最难溶脱的是Mg和P。降雨中各种养分物质按其平均浓度高低次序排列: N>Ca>K>Mg>P。杉木林内雨中各种养分物质的平均浓度是K>N>Ca>Mg>P。由于马尾松林的郁闭度低,其林冠淋溶作用较弱,所以林内、外雨中各种养分物质的浓度差别不显著,林内雨中养分物质增加的趋势基本上与林外雨相类似。

降雨在经过森林流域时,可溶解土壤、岩石风化物、枯枝落叶层的有机质,从而增加溪流的各种化学物质成分。森林流域的迳流水质随流域的地质、土壤、林种以及造林、采伐等营林措施的不同而有所不同。据本试验测定,杉木和马尾松林地迳流中所含K、Ca、Mg、P、N、Na的平均浓度均高于林外雨。林内雨水中的浓度,尤以K的浓度增加得最多。迳流中K的平均浓度比雨中的平均浓度增加20—53倍。

由于雨水的淋溶作用,雨水的各种养分物质的平均浓度,一般自森林上层至下层作梯度增加(表1)。两个林分雨水的各种养分平均浓度和有机质残渣(COD)增加的顺序是:地表水>林内雨加树干茎流>林外雨。其中尤以茎流中养分浓度最高,这是由于它溶解了树冠、树皮表层的各种矿质养分所致。雨水中各种养分物质的平均浓度还与雨量大小和季节有关。一般雨量少的旱季(8月至次年2月)雨水养分浓度较高,雨量多的月份,养分浓度较低。

大气降雨的平均pH值为6.24,杉木和马尾松人工林地迳流的平均pH值为7.0(表1)。地表迳流的平均pH值高于雨中的平均值,这是因为林地植被和土壤有机质与粘土平衡的结果,使地表水具有较强的阳离子交换能力,因而,增加了pH值,改善了水质。

## (二) 采伐引起迳流养分浓度的变化

随着森林的生长发育,在地表面积了大量的有机质和矿物质,一经采伐就会促使有机质分解,从而引起无机物和有机养分的大量流失。杉木林经采伐和火烧残余物后,由于林木的叶、枝干、根、花、果都烧成灰烬,使各种矿质养分大量释放,容易被雨水稀释冲洗,因而,造成采伐迹地地表迳流中各种养分物质浓度大幅度提高,增加了养分物质的流失量。例如在1985年4—7月,皆伐迹地迳流中各养分物质的平均浓度均显著高于杉木林地,其中尤以硝态氮的浓度增加最多,皆伐迹地迳流水中硝态氮的月平均浓度高达8.148ppm,杉木林地为0.081ppm,高出100倍左右。皆伐迹地迳流水中K、Na的平均浓度较杉木林高10—12倍,其他养分元素(Ca、Mg、P)的平均浓度没有显著差别。

随着采伐迹地上植被的逐步恢复,迹地迳流中各养分物质浓度逐年降低,养分流失量也随之减少。以1986年4—7月与1985年同期测定结果相比较,除Ca、Mg没有显著的变化外,迳流养分平均浓度降低1—4倍。

杉木林地表迳流的pH值(6.8)较采伐迹地低,呈微酸性,而采伐迹地迳流的值随采伐年代的增加而有所提高,接近中性。

## (三) 雨水对林冠养分的淋溶量

降雨的养分含量是由雨量及其养分浓度决定的。而年降雨量及其养分浓度由于受到一系列天然和人为因素的影响,在不同地区,每年通过降雨提供的养分量有很大差异。降雨可以淋溶叶面上的尘埃、盐分、有机物,同时可以溶解叶细胞的浸出物,故一般林内雨的养分量较大气降雨中的养分量高。雨水对林冠的淋溶加速了养分循环,保障了植物对养分量的需求。由于淋溶出来的养分都是水溶性的,无需经过复杂的分解过程便可被植物直接吸收,因此,雨水对树冠的淋溶具有加速植物生长的重要意义。本试验对林内外雨的养分含量测定结果(表2)比较如下。

表2 降雨养分含量的比较

林分	观测项目	养分含量 (kg/ha·a)				
		K	Ca	Mg	P	N
杉木林	林外雨	10.671	11.724	2.85	0.236	60.650
	林内雨	46.510	13.974	9.942	0.413	36.945
	树干茎流	1.585	0.492	0.364	0.057	1.379
	淋溶养分量	37.424	2.742	7.456	0.234	—
马尾松林	林外雨	10.037	11.021	2.670	0.222	57.011
	林内雨	19.557	12.446	3.215	0.227	42.847
	树干茎流	0.863	0.199	0.021	0.112	0.008
	淋溶养分量	10.383	1.544	0.566	0.117	—

N: 世界各地降雨中N含量变幅很大,多数地区每年约为2.2500—11.200kg/ha。苏门答腊最高可达45kg/ha·a以上,而挪威只有0.75kg/ha·a。我国金华地区平均为19.9kg/ha·a。海南岛的尖峰岭为8.690kg/ha·a<sup>[4]</sup>。本试验区高达36.945—60.650kg/ha·a。大气降雨中含N量很高,可能与本试验区位于发电站附近,大气中有工业污染物有关,也与本地夏季多雷电(放电)以及当地居民烧木柴使大量N进入大气中有关,因而增加了降雨中N的含

量。由于林冠的吸收和吸附,使林内雨中N含量均有相应减少。

K: 是林木生长所需的重要元素,虽然降雨中K的含量不多,但是,降水对补充土壤K含量具有重要作用。据国外资料表明:降雨中K含量约是 $0.900-8.470\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ 。我国浙江金华地区为 $7.20-8.47\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ <sup>[2]</sup>,香港为 $9.5\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ <sup>[3]</sup>,本区居于一般水平。由于K的溶解度高,通过雨水对林冠的淋溶作用,使林内雨中K含量比大气降雨中K含量明显增多。每年通过林冠的淋溶作用,杉木林可以获得K的淋溶量 $37.424\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ ,马尾松林为 $10.383\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ 。杉木林K的淋溶量仅次于马来西亚热带林( $40\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ ),稍高于海南岛尖峰岭的热带季雨林( $27.480\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ )。由于马尾松林的郁闭度较低(0.4),因此,K的淋溶量相应也较低。据试验区土壤分析资料表明:杉木林地上土壤速效K量为 $2.88-6.75\text{mg}/100\text{g}$ 土,说明土壤中K的含量较低。由于雨水对林冠的淋溶作用有利于加速K的生物循环,补充了土壤中可溶性K的含量。

Ca: 主要来源于大气中的尘埃及有机物,其供应量有限,释放速度较缓慢,溶脱程度不如K。降雨中Ca的含量较低,且较稳定。本区降雨中Ca的含量为 $11.724\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ ,与马来西亚( $11.580\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ )及英国( $11.000\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ )的资料相接近。杉木林Ca的淋溶量为 $2.742\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ ,两个林分Ca的淋溶量显著地低于马来西亚热带雨林( $14.900\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ )和海南岛热带季雨林( $13.070\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ )。Ca多积累在树干里,其生物循环不如K、Na剧烈。

Mg: 本区降雨中Mg的含量为 $2.850\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ ,与香港( $3.0\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ )和马来西亚( $2.000\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ )相接近。Mg是较难淋溶的一种化学元素,杉木林Mg的淋溶量为 $7.456\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ ,马尾松林为 $0.386\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ ,低于海南岛热带季雨林的淋溶量( $9.54\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ )。

P: 通常降雨中P的含量很低,国外资料大约为 $0.070-0.220\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ 。我国浙江省金华地区为 $0.180\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ 。本试验区降雨中P的含量为 $0.236\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ ,与世界上资料相类似。P在雨水中很难溶解,其淋溶量在所有元素中是最低的。杉木林P的淋溶量为 $0.234\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ ,马尾松林为 $0.117\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ 。两个林分中P的淋溶量低于海南岛尖峰岭热带季雨林( $2.500\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ )。另据本区黄壤的速效P的测定,P的平均含量为 $0.185-0.33\text{mg}/100\text{g}$ 土,土壤普遍缺P,而林冠P的淋溶作用,对补充土壤中P的含量有一定意义。

#### (四) 雨水养分含量的季节变化

大气降雨的养分含量主要来自大气间,由于没有叶面的淋溶养分的补充,其养分含量一般均比林内雨含量低,且年内变化较稳定。

由于试验区位于中亚热带,雨量较丰富,雨季正值林木生长季节,林内雨养分含量主要随降雨量的增加而增加。一年内养分量的增减趋势与降雨的季节变化基本相类似。同时,养分量还与养分元素本身的溶解度,林冠的淋溶作用强弱有关。据回归分析表明,养分量与雨量存在着半对数函数关系(表3),说明从大气间、林木叶面上和叶细胞淋溶出来的养分供应量是有限的而且是较缓慢的。林内、外雨中养分含量(K、Ca、Mg、N)与降雨量都存在着显著相关性。由于P在所有养分元素中最难溶解的,且含量很少,所以,杉木林内雨水的P含量与降雨量两者出现不显著相关的现象( $r=0.2$ )。

养分量的季节变化与养分浓度的变化正相反,一般说,雨量多的月份,雨水的养分浓度低,而养分量较高;雨水少的月份,养分浓度高,养分量却较低。雨水中养分含量的变化与雨量的季节变化相类似(见附图)。除N含量外,林内雨中的养分量显著高于林外雨。林外雨

表3 养分含量y(kg/ha)和雨量x(mm)的比较

(1985.4—1987.4)

养分元素	雨水	回归方程式	相关系数(r)	显著性检验(P%)
K	林外雨	$y = -2.1793 + 1.5365 \text{ Lgx}$	0.480	5
	杉木林内雨	$y = -5.3405 + 4.6495 \text{ Lgx}$	0.512	5
	马尾松林内雨	$y = -4.4348 + 3.0243 \text{ Lgx}$	0.647	1
Ca	林外雨	$y = -2.8744 + 2.2720 \text{ Lgx}$	0.462	10
	杉木林内雨	$y = -5.3638 + 3.7079 \text{ Lgx}$	0.674	1
	马尾松林内雨	$y = -4.8677 + 2.9839 \text{ Lgx}$	0.473	5
Mg	林外雨	$y = -0.2350 + 0.1964 \text{ Lgx}$	0.460	5
	杉木林内雨	$y = -0.9490 + 0.7887 \text{ Lgx}$	0.540	2
	马尾松林内雨	$y = -0.9850 + 0.6437 \text{ Lgx}$	0.627	1
P	林外雨	$y = -0.0740 + 0.0526 \text{ Lgx}$	0.712	0.1
	杉木林内雨	$y = -2.5830 + 0.1864 \text{ Lgx}$	0.200	
	马尾松林内雨	$y = -0.0492 + 0.0351 \text{ Lgx}$	0.643	1
N	林外雨	$y = -37.027 + 22.8894 \text{ Lgx}$	0.641	1
	杉木林内雨	$y = -10.425 + 7.0635 \text{ Lgx}$	0.660	1
	马尾松林内雨	$y = -21.739 + 13.8787 \text{ Lgx}$	0.537	2

中N含量高的原因,可能与工业污染有关。另外,在所有养分元素中,雨水中P含量的季节变化不明显,同时,林内、外雨中P的含量也没有显著差别。

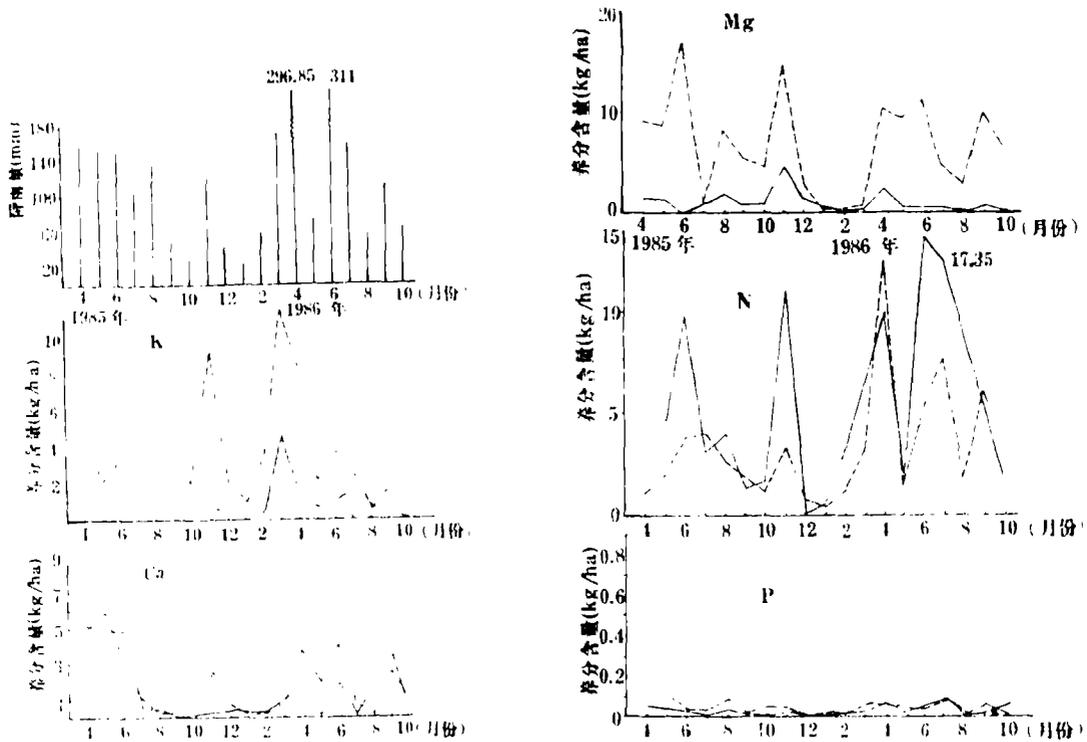


图 雨水、养分含量的季节变化  
——林外雨      ---林内雨

### (五) 降雨在森林生态系统养分循环中的作用

从森林生态系统来说, 通过降雨由系统外向系统内输入一部分养分物质, 同时又通过迳流向系统外输出一部分养分物质。输入的各种养分物质, 一部分被森林植物吸收后, 成为植物的一部分, 不久又转为凋落物或枯落枝叶, 经过分解后, 又被吸收, 另一部分则溶解于溪水而流出系统外。在大气降雨中含有相当数量的植物养分物质, 雨水中所含养分量就是生态系统的养分收入, 迳流流出界外的养分量则作为森林生态系统的养分支出。森林生态系统养分的收入与支出, 就是林外雨和迳流所含养分量的比较。1985年5月至次年4月, 在杉木和马尾松林测得养分收支情况表明, 尽管迳流的养分浓度显著高于降雨中的养分浓度, 但是, 由于年迳流量很小, 因此, 每年通过降雨输入林内的养分量大于支出量(表4), 所有养分量都被蓄积在森林生态系统内。杉木林养分的积贮量为84.254kg/ha·a, 马尾松林为79.001kg/ha·a, 皆伐迹地为58.677kg/ha·a。在积贮的养分中, N量最大, 约占2/3。从迳流养分流失量计算, 皆伐迹地迳流流失的养分量高达2.492kg/ha·a, 马尾松为1.958kg/ha·a, 杉木林最少为1.877kg/ha·a。在杉木和马尾松林中, 迳流养分流失量与雨水输入养分量的比值分别为2.179%和2.420%, 皆伐迹地为4.074%, 较林地约大一倍左右(表4), 由此说明森林保护土壤, 减少养分流失的作用。

表4 林地养分的收入和支出

(1985.5—1986.4)

项 目	水 量 (mm)	养 分 物 质 (kg/ha·a)					合 计
		K	Ca	Mg	P	N	
收入: 林外雨(A)	1268.310	10.671	11.724	2.850	0.236	60.650	86.131
支出: 迳流水(B)	5.836	1.277	0.220	0.076	0.270	0.270	1.877
A—B		9.394	11.504	2.774	-0.034	60.380	84.254
B/A(%)		11.967	1.876	2.667	114.407	0.445	2.179
收入: 林外雨(A)	1191	10.037	11.021	2.670	0.222	57.011	80.961
支出: 迳流水(B)	3.236	1.500	0.0974	0.012	0.017	0.331	1.958
A—B		8.537	10.923	2.657	0.204	56.680	79.001
B/A(%)		14.945	0.884	0.461	7.658	0.581	2.418
收入: 林外雨(A)	900.44	7.581	8.324	2.035	0.168	43.062	61.173
支出: 迳流水(B)	2.282	2.112	0.073	0.045	0.013	0.248	2.492
A—B		5.469	8.251	1.990	0.550	42.814	58.677
B/A(%)		27.859	0.877	2.211	7.738	0.576	4.074

在森林生态系统内部的养分循环中, 是以土壤为中心的, 土壤是各种养分的贮存器。土壤养分被植物吸收后, 可以构成植物体。流入土壤的养分, 除了岩石风化的微量的收入可以不计外, 主要是从枯落物和林内雨水的淋溶养分还原而获得的, 两者作为土壤养分的收入, 统称为养分还原量。在杉木林和马尾松林中, 通过林内雨淋溶的养分量占养分还原总量的48—53%, 其中K、Mg、N占主要比重, Ca次之, P最小。林内雨K、Mg、N养分含量高于凋落物的养分归还量。而凋落物Ca、P的养分归还量却大于林内雨的淋溶量(表5), 但马尾松林凋落物Mg的含量却较林内雨多。

从各种养分元素还原量来说, 亚热带人工杉木林和马尾松林的各养分元素还原量(凋落

物归还量和林内雨淋溶养分之和)显著地低于加纳热带雨林和海南岛热带季雨林(表5)。亚热带人工杉木林的K、Mg的淋溶量占养分还原量的百分比与热带森林没有什么显著差别,而Ca的淋溶量占养分还原量的百分比却大于热带森林。亚热带杉木林和马尾松林P的淋溶量很小,比热带森林的淋溶量低得多,占养分还原总量的5.5%,而热带森林的P淋溶量却占原养分总量的35.965—41.853%。

表5 林内雨和凋落物在森林养分循环中的作用

地点	林分	观测项目	K	Ca	Mg	P	N	合计
江西省分宜县	杉木林	凋落物(A)	13.720	31.666	7.533	7.432	37.820	98.171
		林内雨加树干茎流(B)	48.095	14.466	10.306	0.472	38.820	112.157
		养分还原量(A+B)	61.815	46.132	17.839	7.904	76.640	210.328
		B/(A+B)(%)	77.805	31.358	57.772	5.972	50.652	53.325
	马尾松林	凋落物(A)	5.159	26.645	6.861	5.764	41.844	86.273
		林内雨加树干茎流(B)	20.420	12.856	3.236	0.339	42.855	79.706
		养分还原量(A+B)	25.579	39.501	10.097	6.103	84.699	165.979
		B/(A+B)(%)	79.831	32.546	32.049	5.555	50.597	48.022
海尖南峰岛岭	热带季雨林 <sup>[4]</sup>	凋落物(A)	13.200	103.200	16.800	8.600	63.000	204.800
		林内雨(B)	51.600	37.730	24.280	6.190	15.460	135.260
		养分还原量(A+B)	64.800	140.930	41.080	14.790	78.460	340.060
		B/(A+B)(%)	79.630	26.772	59.104	41.853	19.704	39.775
加纳	热带雨林	凋落物(A)	69.000	208.000	45.000	7.300	201.000	530.300
		林内雨(B)	238.600	41.800	29.400	4.100	16.1	330.000
		养分还原量(A+B)	307.600	249.80	74.400	11.400	217.100	860.300
		B/(A+B)(%)	77.568	16.733	39.516	35.965	7.416	38.359

### 三、结 论

在亚热带杉木林区,林木生长期间内的气温较高,雨量较丰富。降雨所含各种养分物质是森林生态系统养分的主要来源。降雨对林冠养分的淋溶量,占养分还原总量的48—53%,加速了养分循环,为该区森林提供一定量的可以直接吸收的水溶性养分,以满足植物持续生长的需要。在林内雨的淋溶养分中,以K最多,Ca、Mg次之,P最少。雨水的养分量随雨量的增加而增加,呈半对数函数关系。在杉木林的生态系统中通过大气降雨输入林地的养分量大于迳流输出的养分量,其中依次为N、K、Ca、Mg、P。大气降雨中N的含量很高,可能与大气受工业污染有关。经过林冠的叶片直接吸收后,林内雨中N含量明显减少。

### 参 考 文 献

- [1] 中野秀章, 1983, 森林水文学, 中国林业出版社, 216—221。
- [2] 费如坤等, 1979, 金华地区降雨中养分含量的初步研究, 土壤学报, 16(1): 81—84。
- [3] 邹桂昌, 1980, 香港红壤地区的林内雨养分含量, 林业科学, 16(2): 102—108。
- [4] 卢俊培, 1986, 海南岛尖峰岭半落叶季雨林生态效益的研究, I—冠层淋溶, 热带林业科技, (1): 1—6。
- [5] Kenworthy, J. B., 1971, Water and nutrient cycling in a tropical rainforest, Misc. Report, univ. of Hull, 49—65。

**EFFECTS OF RAINFALL ON THE NUTRIENT  
CYCLING IN MAN-MADE FORESTS OF  
*CUNNINGHAMIA LANCEOLATA*  
AND *PINUS MASSONIANA***

Ma Xuehua

(The Research Institute of Forestry CAF)

**Abstract**

The preliminary study indicates that the nutrient concentration of throughfall has increased obviously in man-made forests of *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus massoniana* as compared with rainfall in adjacent opening. The relative abundance of nutrient content for precipitation was  $N > Ca > K > Mg > P$ . The relative abundance of nutrient content for throughfall was  $K > N > Ca > Mg > P$ . The total amount of nutrient input with rainfall in two stands account for 48—53% of total nutrient returns. More amounts of N, K, Mg were transferred to the soil through throughfall than litterfall while more Ca and P were added to the soil through litterfall. Nutrient return approximates precipitation closely in a semi-log curve, indicating a limited and gradual supply of nutrients from their respective sources between the intervals of rain.

**Key words:** nutrient concentration; nutrient content; runoff; stemflow· nutrient cycling